

МЕТОДИКА РАЗДЕЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ГАЗОВ В АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВАХ

Ивин В. Д., Бунова Г. З.

Существующие методики определения содержания газов в металлах позволяют определять суммарное содержание газов, находящихся в твердом растворе и в порах. Однако, при исследовании процессов пластической деформации, разрушения, термообработки часто важно знать в какой форме находится газ в сплавах.

Предлагаемая методика разрабатывалась применительно к алюминиевым сплавам, хотя в общем виде ее можно применять, по нашему мнению, и к другим металлам и сплавам.

Практически весь газ содержащийся в сплавах алюминия-водород. Поэтому общее количество водорода $Q_{общ}$ в сплаве равно

$$Q_{общ} = Q_p + Q_r + Q_n, \quad (1)$$

где: Q_p - количество водорода в твердом растворе; Q_r - количество водорода в гидридах; Q_n - количество водорода в порах.

подавляющее большинство сплавов алюминия не содержит гидридообразующих примесей, а гидриды чистого алюминия неустойчивы при температуре выше температуры -78°C (1). Поэтому можно принять $Q_r = 0$ и тогда:

$$Q_{общ} = Q_p + Q_n. \quad (2)$$

Таким образом, физическая модель металла с газом - это двухфазная система, представляющая твердый раствор водорода в металле и поры, заполненные молекулярным водородом. В работе (2) показано, что в условиях термодинамического равновесия, наступающего с достаточно большой скоростью, для нашей двухфазной системы можно записать:

$$C = C_p + \left(\frac{M C_p^2}{K R T_{\text{тех}}} (\Delta H / RT) \right) * \Delta U / U, \quad (3)$$

где C - средняя концентрация водорода в металле; C_p - средняя концентрация водорода в твердом растворе; M - молекулярная масса водорода.

да; $\Delta U/U$ — пористость металла; K — коэффициент распределения водорода в металле; ΔH — теплота (энтальпия) растворения водорода; T — абсолютная температура; R — универсальная газовая постоянная.

Второе слагаемое в уравнении (3) является концентрацией газа в порах и обозначается C_p .

Из уравнения следует, что, зная общую концентрацию газа в металле и концентрацию его в твердом растворе, можно найти концентрацию газа в порах.

$$C_n = C - C_p. \quad (4)$$

Таким образом, задача раздельного определения концентрации газа в твердом растворе и в порах сводится к определению общей средней концентрации газа в металле и концентрации газа в твердом растворе. Общая средняя концентрация газа определяется одним из известных в технике методов. Концентрация газа в твердом растворе, согласно предлагаемому нами методу определяется при хрупком разрушении образцов металла в вакууме. Выделяющийся при разрушении образца газ анализируется масс-спектрометром. Считаем, что газ из пор, попавших в плоскость разрушения, выделяется мгновенно, а из твердого раствора через вновь образовавшуюся поверхность по второму закону Фика. Для одномерной задачи, которая реализуется в нашем методе, концентрация газа в твердом растворе в любой точке X определяется в заданный момент времени по уравнению:

$$C/C_p = D \cdot C / \sigma X^2, \quad (5)$$

где C_p — концентрация газа в твердом растворе; D — коэффициент диффузии; σ — время.

Если считать, что каждый атом, достигший поверхности перейдет в газовую фазу, то есть не учитывать адсорбционно-десорбционные явления на границе раздела газ-твердое тело, то граничные условия для решения

уравнения (5) имеют вид:

$$\bar{z}=0, \quad C(X,0)=C_p; \quad X=\infty, \quad C(\infty,\bar{z})/\partial X=0; \quad X=0, \quad C(0,\bar{z})=0.$$

После интегрирования уравнения (5) имеем:

$$C_p = \theta_p \sqrt{\pi} / 2F \sqrt{D \bar{z}}, \quad (6)$$

где F —общая площадь, через которую выделяется газ (истинная площадь поверхности разрушения образца); θ_p —общее количество газа, прошедшее через истинную площадь разрушения за время t . Можно подобрать условия эксперимента таким образом (3,4), что площадь F можно было заменить площадью поперечного сечения образца. Таким образом, в этом случае для определения C нужно экспериментально определить θ_p . Это осуществляется следующим образом. После разрушения образца в специальном устройстве на масс-спектрометре снимается график зависимости ионного тока выделяющегося из металла газа от времени. Площадь, ограниченная линией фона $n-a-k-c$ и кривой $a-b-c$, пропорциональна объему газа θ , выделившемуся из твердого раствора и из пор. Для определения θ_p нужно из общего количества газа вычесть количество газа выделившегося из пор θ_n . Для этого в калиброванный объем, соединенный с масс-спектрометром, напускаем анализируемый газ в таком количестве, чтобы ионный ток соответствующий точке n был больше значения определяемого точкой b на рис. 1. Опять снимаем кривую зависимости ионного тока от времени. Ниспадающая ветвь на этой кривой будет идти более круто, т.к. будет отсутствовать выделение газа из твердого раствора. На рис. 1 приведены графики изменения ионного тока при разрушении образца (1) и после истечения газа из калиброванного объема (2), совмещенные таким образом, чтобы точка b легла на нисходящую ветвь кривой ионного тока графика 2. Площадь, ограниченная кривой $k-b-c$, будет пропорциональна θ_p , т.е. количеству газа, выделившемуся из твердого раствора. Абсолютная величина θ_p находится при использовании уравнения:

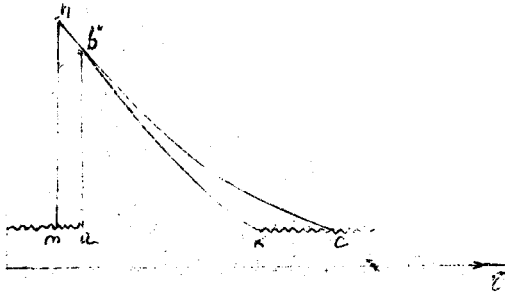


Рис.1 Совмещенные графики

$$P_1 * U_1 = P_2 * U_2,$$

где P_1 - остаточное давление в калиброванном объеме до напуска анализируемого газа; P_2 - давление в калиброванном объеме после напуска анализируемого газа; U_1 - калиброванный объем; U_2 - объем напущенного анализируемого газа.

Зная Φ_p , по уравнению (б) рассчитываем C_p , а затем из уравнения (4) находим C_n .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.М.Вассерман, В.А.Даниякин и др. "Методы контроля и исследования легких сплавов" - М.:Металлургия, 1985. 510 с.
2. В.И.Добаткин, Р.И.Габидуллин, Б.А.Колачев, Г.С.Махаров "Газы и окислы в алюминиевых деформируемых сплавах" - М.:Металлургия, 1976г.
3. Б.С.Бокштейн "Диффузия в металлах", Москва, Металлургия, 1978г.
4. С.В.Земской, В.П.Ляхин "О соотношении скорости диффузии и поверхностного обмена при рафинировании хрома". В сборнике "Диффузия в металлах и сплавах. Под редакцией М.А.Кристалла, Тула, 1968г.